



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

TREBALL FINAL DE GRAU

LLÀGRIMES ARTIFICIALS I SOLUCIONS HUMECTANTS

CARACTERÍSTIQUES I PROPIETATS EN FUNCIÓ DE LA TEMPERATURA

NÚRIA GOYENECHÉ TARRIDA

DIRECTOR: JOAN TORRENT

Terrassa, 17 de Maig de 2016



GRAU EN ÒPTICA I OPTOMETRIA

El Sr. JOAN TORRENT, com a director del treball final de grau

CERTIFICA

Que la Sra. NÚRIA GOYENECHE TARRIDA ha realitzat sota la seva supervisió el treball:

“LLÀGRIMES ARTIFICIALS I SOLUCIONS HUMECTANTS
CARACTERÍSTIQUES I PROPIETATS EN FUNCÍO DE LA TEMPERATURA”,

que es recull en aquesta memòria per a optar al títol de grau en Òptica i Optometria.

I per a què consti, signo aquest certificat.

Sr. JOAN TORRENT
Director del treball

Terrassa, 17 de Maig de 2016



LLÀGRIMES ARTIFICIALS I SOLUCIONS HUMECTANTS

CARACTERÍSTIQUES I PROPIETATS EN FUNCIÓ DE LA TEMPERATURA

RESUM

En aquesta memòria s'ha elaborat un estudi sobre les característiques, la composició i les propietats de llàgrimes artificials i solucions humectants per a lents de contacte. També s'han analitzat algunes de les propietats en funció de la temperatura.

Primerament, s'han seleccionat productes comercials actuals dels quals disposem als laboratoris de contactologia de la Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa i, després de fer una recerca dels seus components, s'ha fet un estudi experimental de les seves propietats, com ara densitat, pH, tensió superficial, viscositat, angle de contacte i salinitat. També s'ha estudiat l'efecte de la temperatura en alguna d'aquestes propietats, especialment la viscositat.

Quan ja es té més coneixement sobre l'aportació de cada component a les solucions humectants i llàgrimes artificials, s'han aplicat les tècniques experimentals de determinació de propietats per a solucions preparades al laboratori.

S'intenten relacionar els resultats obtinguts de les propietats amb els components integrants de les solucions.

Per acabar, se'n discuteixen els resultats i se'n treuen conclusions.



LÀGRIMAS ARTIFICIALES Y SOLUCIONES HUMECTANTES

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

RESUMEN

En esta memoria se ha elaborado un estudio sobre las características, la composición y las propiedades de lágrimas artificiales y soluciones humectantes para lentes de contacto. También se han analizado algunas de las propiedades en función de la temperatura.

Primeramente, se han seleccionado productos comerciales actuales de los que disponemos en los laboratorios de contactología de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa y después de hacer una búsqueda de sus componentes, se ha hecho un estudio experimental de sus propiedades, tales como densidad, pH, tensión superficial, viscosidad, ángulo de contacto y salinidad. También se ha estudiado el efecto de la temperatura en alguna de estas propiedades, especialmente la viscosidad.

Cuando se tiene más conocimiento sobre la aportación de cada componente en las soluciones humectantes y lágrimas artificiales, se han aplicado las técnicas experimentales de determinación de propiedades para soluciones preparadas en el laboratorio.

Se intenta relacionar los resultados obtenidos de las propiedades con los componentes de las soluciones.

Por último, se discuten los resultados y se sacan conclusiones.



ARTIFICIAL TEARS AND WETTING SOLUTIONS FEATURES AND PROPERTIES DEPENDING ON TEMPERATURE

ABSTRACT

In this report, a study of the characteristics, composition and properties of artificial tears and wetting solutions for contact lenses has been presented. We have also examined some of the properties as a function of temperature.

First, we selected some commercial products provided by the contactology department at the Faculty of Optics and Optometry of Terrassa, and after a search of its components, an experimental study of their properties, such as density, pH, surface tension, viscosity, contact angle and salinity, has been done. We also studied the effect of temperature on some of these properties, especially the viscosity.

When we have more knowledge about the contribution of each component in the wetting solutions and artificial tears, experimental techniques have been applied for determination of properties of solutions prepared in the laboratory.

Then, we try to correlate the results obtained with the components of the solutions.

Finally, we discuss the results and elaborate conclusions.

SUMMARY

Wetting solutions

The moisture is the ability of a substance to cover another one.

In this case, we speak of the wetting of a solid, the contact lens, by a liquid.

To maintain a moist contact lens interest us in order to have a good performance and visual comfort during the wearing of the contact lenses, and avoid foreign body sensation.

Therefore, this moisture avoid us the light scattering caused by possible ruptures after flashing.

Wetting solutions are those that form a slimy film and improve wettability of the lens. They usually have a low surface tension and make the surface of the lens will be less hydrophobic, enhancing the wettability and reducing then the foreign body sensation when they are on the eye.

Although in its basic composition we found the surfactant agents, in their composition other substances such as preservatives, viscosifying agents and others can be found. Some of these agents may also have humectant and moisturizing property and moisturizing may have other properties.

The mechanism of action of the wetting agent is to place the non-polar end (hydrophobic) to the polymer contact lens and extreme polar (hydrophilic) outwards, so the polar part will contact with our tears.

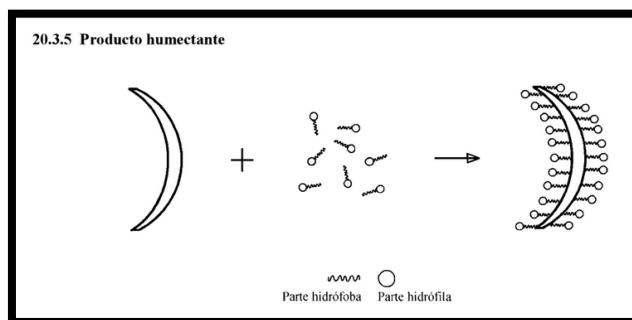


Figure 1. wetting of contact lens

FUNCTIONS

- Get the lens surfaces less hydrophobic, improving its surface wettability and reducing the foreign body sensation when they are on the eye.
- Form a film on the surface, preventing any dirt or grease from fingers that manipulate lenses can be transferred to their surfaces.
- Lubricate the surfaces of the lens to avoid friction with the tarsal conjunctiva and corneal surface.

- Clean the lens when it is removed from the eye.
- Prevent the growth of microorganisms.
- To facilitate the placement and removal of the lens of the eye.

Artificial tears

They are used to relieve the discomfort resulting from dry eye, trying to replace the human tear with high water content and simulating their physicochemical characteristics such as osmolarity, pH, viscosity or surface tension.

Three layers compose the tear film, which are interrelated:

- Internal or mucin
- Intermediate or aqueous
- External or lipid

The users of contact lenses can present tear deficiencies that cause some degree of dry eye. Artificial tears are trying to create a stable film without inhibiting the secretion of natural tear components that the patient may still produce.

FUNCTIONS:

- Lubricate the surface with the help of eye blinking
- Nourish, moisturize and stimulate the corneal epithelium
- Create a surface that minimizes the distortion of light entering the eye to get a clearer vision possible.

Characteristics of the components

Among the components of the wetting solutions, conditioner solutions for a RPG lenses and/or artificial tears, include:

- Preservatives
 - Boric acid: a chemical compound used as an antiseptic. It is also used as a buffer.
 - Polihexametil biguanide (PHMB) is a preservative used in concentrations from 0.00005% to disinfect soft and RPG lenses, because of their limited effect of raising eye. It is very effective as antimicrobial.
 - Polihexametil biguanide (PHMB) is a preservative used in concentrations from 0.00005% to disinfect soft and RPG lenses, because of their limited effect of raising eye. It is very effective as antimicrobial.

- Benzoic acid: it is a good disinfectant. There it binds to the surface of the lens RPG. In combination with a surfactant is an effective antimicrobial that acts on bacterial biofilms.
- Wetting agents and/or viscosifying agents:
 - Poloxamer: it is a humectant and surfactant used in various maintenance solutions for contact lenses. Remove the contact lens lipids at making friction.
 - The polyvinyl alcohol (PVA) is a synthetic polymer that adheres to the surface of the lens RPG; has a very low degree of viscosity and is also used as emulsifiers and suspension agent.
 - The hydroxyethylcellulose: it is an agent used to give more viscosity to the humectant solution t. It has the disadvantage of delaying the healing of the epithelium.
 - Hyaluronic acid (HA): His main qualities are wetting and its features to fill tissues. The only drawback of using tears and ocular solutions is that causes blurred vision if used in high concentrations.
- Chelating agents
 - The Ethylenediaminetetraacetate (EDTA): is an agent capable of improving the efficacy of other agents. Besides being a cleaning and preservative agent, prevents fading and oxidation.
- Buffering agents
 - borates/phosphates: together with its salts, retain the solution to a certain pH. Tampons are used to formulate wetting solutions; especially if you want the wetting solution has a pH equal to tears.
- Tonicity agents
 - NaCl: it is the agent used to control the tonicity of the wetting solution. It is the only solution used to rinse contact RPG lenses after enzyme and surfactant cleaning.

Materials used

We can classify the materials used in the laboratory from wetting solutions in: commercial solutions and solutions elaborated in the laboratory:

- Commercial Solutions
 - RPG conditioners lens solutions:
 - Boston Advance
 - Durasol
 - Concare
 - Hidrohealth RPG
 - Artificial Tears
 - Zero
 - Acuaiss Disop
- Laboratory elaborated solutions:
 - PVA at 0.03%
 - HEC at 0.05%
 - HA at 0.05%

Measurement of physicochemical properties

Once you have all the materials ready, we study in the laboratory the following properties:

- Density
- pH
- Surface tension
- Viscosity
- Contact angle
- Salinity

In this work we also want to know the influence of temperature on the physical and chemical properties; especially those that differ most, such as viscosity. Therefore, we realize the measures for temperature 23°C, but also for 30°C and at 37°C.

For each method, we use different equipment and utensils in the laboratory. In addition, each method has its guidelines. For temperature of 23°C, we help with the laboratory conditioning air and since 30°C to 37°C we have to use the thermostats.

Results and discussion

All the results of the parameters we measured are in “Results and discussion” section in summary tables and the detailed tables we can find into the annex of the report. These results are in tables according commercial solutions or solutions prepared in the laboratory, and for each property.

In the case of evaluation of performance by increasing the temperature, it is also indicated in the same table according the Celsius degrees or in different tables for each temperature.

After reviewing the results, we first discuss the differences between the solutions at room temperature to see how the agents affect the results, and then watch the evolution with temperature. We begin with the density and discuss all the tests done.

Conclusions

- After evaluating the results, we think about possible conclusions that can be drawn:
- Density is the analyzed property which varies less of all of our solutions in respect of the density water value, probably due to the low concentration of solute in solution.
- The solutions (excluding prepared in the laboratory) have a neutral pH or close to seven due the addition of the pH regulatory systems.
- All the solutions surface tensions obtained are under the water values, especially those that incorporate surfactants such as poloxàmer.
- The commercial RPG contact lenses solutions tested are hypertonic, exceeding the 0.9% of saline solution.
- The contact angles of the commercial solutions are generally lower than water case. Especially we can see that for RPG solutions on a RPG material.
- Regarding temperature, in the three properties studied, the viscosity is undoubtedly which varies more from 23°C to 37°C, with a clear relationship between the two variables.
- The temperature study will permit us to know the viscosity of tears and CL solutions at the ocular tear temperature ($\approx 32^\circ\text{C}$).

ÍNDEX

Contingut

MOTIVACIÓ	13
OBJECTIUS	14
INTRODUCCIÓ	15
Solucions humectants.....	15
Llàgrimes artificials	17
Característiques dels components	19
➤ Agents conservants	19
➤ Agents humectants i/o viscosants.....	21
➤ Agents quelants	23
➤ Agents reguladors de pH	23
➤ Agents de tonicitat	23
MATERIALS	24
Solucions acondicionadores	24
Llàgrimes artificials	26
Solucions preparades al laboratori.....	27
MÈTODES DE LABORATORI.....	28
Densitat.....	28
pH.....	29
Tensió superficial.....	30



Viscositat.....	32
➤ A) Viscosímetre de Ostwald	32
➤ B) Viscoball	34
Àngle de contacte	36
Salinitat	37
RESULTATS I DISCUSSIÓ	38
Densitat.....	38
pH.....	39
Tensió superficial.....	41
Viscositat.....	41
Angle de contacte	44
Salinitat	45
TAULA RESUM	45
CONCLUSIONS	47
BIBLIOGRAFIA/WEBGRAFIA.....	48
ANNEXOS.....	50

MOTIVACIÓ

La principal motivació alhora d'escollir aquest treball de fi de grau ha estat primerament pel tema escollit, ja que en les assignatures de contactologia cursades durant el grau mancaven les relacions sobre els components de solucions per a lents de contacte i llàgrimes amb les seves propietats i finalitat com a producte.

També vaig decidir-me per aquest tema per la dedicació en el laboratori de tècniques experimentals, que eren mes o menys ja conegudes per assignatures anteriors com ara la optativa de Tractaments Superficials i l'assignatura de Materials Òptics.

Espero assolir coneixements que encara no tinc mitjançant els resultats que trobi en la realització pràctica i poder-los discutir.

OBJECTIUS

Els objectius d'aquest treball es poden resumir en els següents punts:

- Selecció de solucions humectants per a lents RPG de les diferents marques que hi ha en el mercat per conèixer-ne amb més detall les seves propietats.
- Selecció també, de llàgrimes artificials de les diferents marques que hi ha en el mercat per conèixer-ne amb més detall les seves propietats.
- Cercar informació sobre els seus components, el comportament d'aquests i les seves concentracions, en cas que les trobem.
- Preparació de solucions humectants i llàgrimes artificials .
- Decidir quines propietats volem treballar, així com els instruments que requerirem per obtenir-ne resultats.
- Mesura de les propietats escollides.
- Mesura d'algunes de les propietats escollides a diferents temperatures.
- Buscar relació sobre el comportament dels components d'aquestes solucions segons cada paràmetre que analitzem i també segons l'augment de la temperatura, i veure si hi trobem correlació.
- En cas contrari, intentar deduir-ne les possibles discrepàncies.

INTRODUCCIÓ

En aquesta memòria parlarem sobre solucions humectants i llàgrimes artificials. Abans de tot caldria definir-les.

Solucions humectants

La humectació és la capacitat que té una substància de cobrir-ne una altre.

En aquest cas, parlem del mullat del sòlid que és la lent de contacte per un líquid, que és la solució humectant.

Mantenir una lent de contacte humectada ens interessa per a tenir un bon rendiment i confort visual alhora de portar lents de contacte i evitar la sensació de cos estrany.

Aquesta humectació per tant, ens evitarà la dispersió de la llum ocasionada per possibles ruptures després del parpelleig.

Així doncs, Les solucions humectants són aquelles que formen una pel·lícula viscosa i que milloren la humectabilitat de la lent. Solen tenir una tensió superficial baixa, així fan que la superfície de la lent sigui menys hidrofòbica fent créixer la humectabilitat i reduint llavors la sensació de cos estrany quan es troben sobre de l'ull.

Encara que en la seva composició bàsica es troben els agents de tipus tensioactiu, presenten en la seva composició altres substàncies com ara conservants, viscosants i d'altres. Algun d'aquests agents podria també tenir alhora propietats humectants i els humectants podrien tenir també d'altres propietats.

El mecanisme d'acció de l'agent humectant consisteix en dirigir els extrems apolars (hidròfobs) cap al polímer de la lent de contacte i els extrems polars (hidròfils) cap enfora, de manera que la part polar tindrà contacte amb la nostra llàgrima.

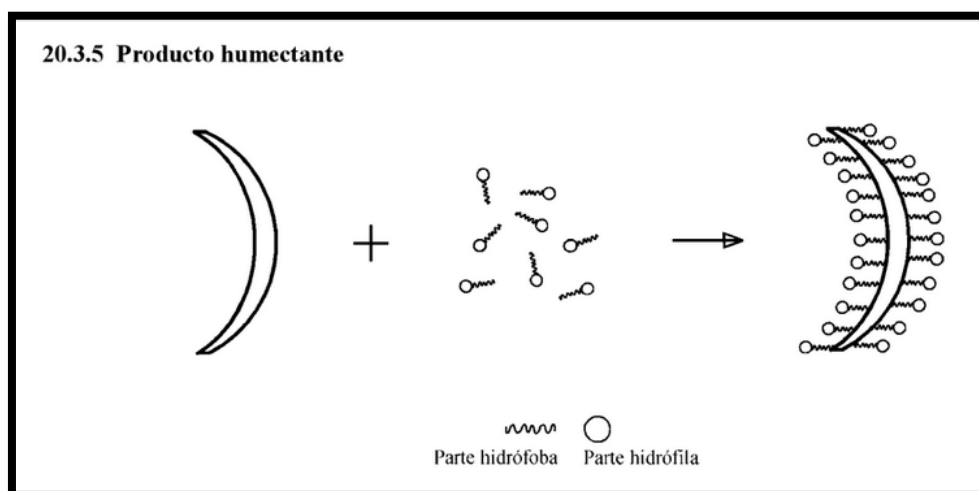


Figura 1. Humectació de la lent de contacte.

En el cas següent veiem com el Poloxàmer, que és humectant i tensioactiu a la vegada, crea micel·les amb extrem polar fora i extrem apolar dins de la micel·la, atrapant així dipòsits de lípids:

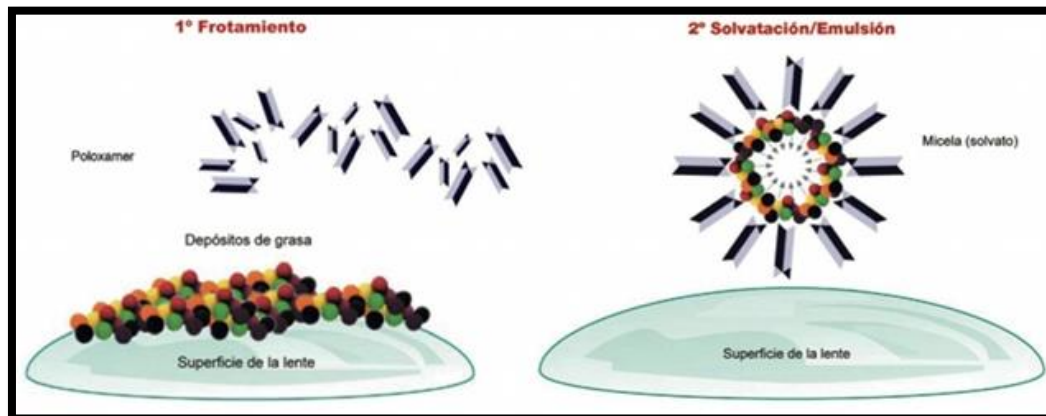


Figura 2. Poloxàmer. Formació de micel·les

Funcions

- Aconseguir que les superfícies de les lents siguin menys hidròfobes, millorant la seva humectabilitat superficial i reduint així la sensació de cos estrany quan es troben sobre l'ull.
- Formar una pel·lícula sobre la superfície, evitant que qualsevol brutícia o greix dels dits que manipulen les lents pugui ser transferida a les seves superfícies.
- Lubricar les superfícies de les lents per evitar fregaments amb la conjuntiva tarsal i la superfície corneal.
- Netejar la lent quan aquesta es retira de l'ull.
- Evitar el creixement de microorganismes.
- Facilitar la col·locació i retirada de la lent de l'ull.

Composició

- Aigua
- Conservants
- Humectants
- Viscosants
- Quelants
- Reguladors pH
- Agents de tonicitat

Llàgrimes artificials

S'utilitzen per alleujar les molèsties derivades de la sequedat ocular. Tracten de suplir la llàgrima humana mitjançant un alt contingut hídric i emulant les seves característiques físico-químiques com la osmolaritat, pH, viscositat o tensió superficial.

La pel·lícula lacrimal es compon de tres capes relacionades entre sí:

- **Interna o mucínica:** composta per glicoproteïnes. La seva funció és facilitar la distribució de la capa aquosa sobre la superfície ocular. Sense aquesta capa la porció aquosa perdria estabilitat, amb la consegüent formació de zones seques.
- **Intermèdia o aquosa:** correspon el 90% del gruix de la pel·lícula lacrimal, i conté tots els components hidrosolubles de les llàgrimes, entre elles lactoferrina, lisozima, sals inorgàniques i glucosa. Les seves funcions són hidratar, lubricar, nodrir a més de un efecte protector de les agressions externes.
- **Externa o lipídica:** redueix la tensió superficial de la pel·lícula lacrimal, amb la qual cosa facilita l'extensió d'aquesta i evita la seva evaporació, a més per la seva naturalesa lipídica, proporciona lubricació per les parpelles, permetent la seva mobilitat sobre la superfície ocular.

Les funcions principals de la llàgrima són les següents:

- Mantenir el metabolisme de la superfície ocular, especialment de la còrnia.
- Subministrar una superfície llisa que permeti la refracció regular de la llum
- Lubricar la superfície ocular per facilitar el parpelleig .
- Funcions antimicrobianes i antioxidants, que la protegeixen enfront de les agressions ambientals.
- Acció netejadora i tampó.
- Regenerar les cèl·lules.

Els usuaris de lents de contacte poden presentar deficiències lacrimals que els provoquin cert grau d'ull sec.

L'ull sec és un terme que engloba pacients amb la secreció aquosa, mucinosa o lipídica disminuïdes, amb anomalia en la superfície de les parpelles o amb sensibilitat a la còrnia.

Les llàgrimes artificials intenten crear una pel·lícula estable sense inhibir la secreció dels components de la llàgrima natural que el pacient encara pugui produir.

A l'hora de triar una llàgrima artificial cal tenir en compte aquella composició que redueixi la osmolaritat de la pel·lícula lacrimal, que sigui compatible amb l'equilibri natural electrolític de la pel·lícula lacrimal i que proporcioni una adequada lubricació.

Les llàgrimes artificials sense conservants poden ser tant en sistemes monodosi com multidosi.

- Es poden classificar o diferenciar en:
 - **Llàgrimes artificials més fluïdes:** ús més freqüent, temps d'acció més curt, no interfereixen en la visió, per casos lleus i moderats.
 - **Llàgrimes artificials més viscoses i lubricants en pomades i gels:** temps d'acció més prolongat, interfereixen en la visió els primers minuts d'aplicació, per casos més severos i lesions corneals greus, per aplicar a la nit abans d'anar a dormir.

Funcions

- Lubricar la superfície ocular amb l'ajuda del parpelleig
- Nodrir, hidratar i estimular l'epiteli corneal
- Crear una superfície que minimitzi les distorsions de la llum que entra en l'ull per aconseguir una visió més nítida possible.

Composició

- Aigua
- Humectants
- Viscosants
- Reguladors pH
- Agents de tonicitat
- Components lipídics
- Conservants (no sempre)

Característiques dels components

➤ Agents conservants

S'empren per eliminar microorganismes o la seva formació, entre ells es troben els següents:

- **Clorur de benzalconi:** és un desinfectant amb un ampli espectre d'eficàcia, sol emprar-se en una concentració del 0,004%. El clorur de benzalconi és un detergent que disminueix la tensió superficial de qualsevol solució. D'altra banda, aquest compost és un pèssim humectant. Es fa servir per desinfectar les lents rígides permeables als gasos (RPG).

És molt efectiu contra bacteris i fongs tot i que no és bactericida, el que significa que no mata el microorganisme, sinó que impedeix la seva reproducció. El clorur de benzalconi, mai haurà d'emprar-se amb lents de hidroxietilmetacrilato (HEMA), a causa que actua com sabó, les superfícies de les lents es fan hidròfobes. Per aquesta raó, l'eficàcia de la solucions que empren clorur de benzalconi és millorada amb l'acció d'un agent quelant com àcid etilendiaminotetraacètic de disodi (EDTA) que, encara que no té una activitat antibacteriana important, permet que s'empri menys quantitat de clorur de benzalconi en la solució.

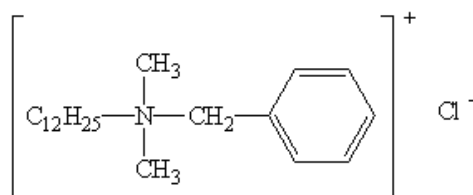


Figura 3. Estr. Molec. Clorur de benzalconi

- **Gluconat de clorohexidina:** és un bactericida que s'empra en concentracions al 0,0005% per a la desinfecció química de lents d'hidrogel i RPG. No és eficaç contra fongs i llevats. Es fixa a les proteïnes, però també als dipòsits superficials de les lents, donant per tant, a reaccions de sensibilitat ocular, encara que en menor grau que el Timerosal. Per millorar la seva eficàcia, sol emprar-se en combinació amb EDTA o Timerosal, en solucions per a les lents RPG. La clorohexidina produeix major adherència superficial de lípids a causa de la hidrofobicitat que transmet a la lent. També fa groguenc el polímer de la lent.

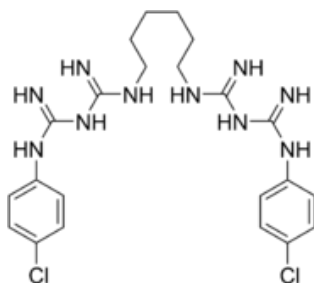


Figura 4. Estr. molec. Gluconat de clorohexidina

- **Clorobutanol**: és un altre conservant que es va utilitzar en solucions per a lents rígides de PMMA, ja que es fixa a la silicona i produeix reaccions oculars adverses.

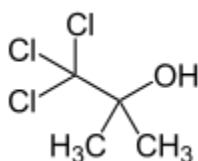


Figura 5. Estr. Molec Clorobutanol

- **Àcid benzoic**: és un bon desinfectant. No es lliga a la superfície de la lent RPG. En combinació amb un tensioactiu, és un antimicrobià efectiu que actua sobre les biopel·lícules bacterianes.

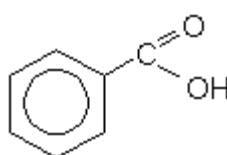


Figura 6. Estr. molec. Àcid benzoic

- **Polihexametil biguanida (PHMB)**: és un conservant emprat en concentracions al 0,00005% per a la desinfecció de lents hidrofíliques i RPG, a causa del seu escàs efecte de sensibilització ocular. Resulta molt eficaç com antimicrobià i s'ha demostrat que no dona lloc a reaccions oculars al·lèrgiques o tòxiques. Cal tenir en compte que la matriu de la lent d'hidrogel sol absorbir aquest compost.

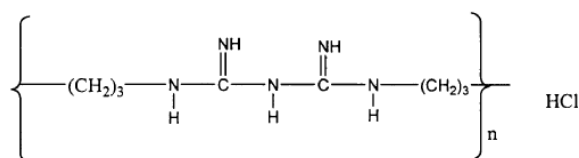


Figura 7. Estr. molec. PHMB

- **Àcid sòrbic i sorbat potàssic**: s'empenen en solucions netejadores per a lents d'hidrogel, encara que han deixat d'usar-se a causa de que descoloreixen la lent (descoloreixen els dipòsits de la lent encara que aquests es vegin transparents). La concentració de l'àcid sòrbic és del 0.1% la seva acció és bacteriostàtica i no produeix reaccions oculars adverses.

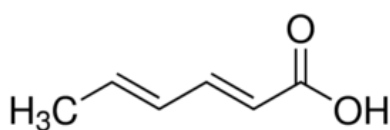


Figura 8. Estr. molec. Àcid sòrbic

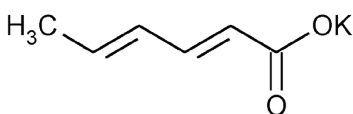


Figura 9. Estr. Molec. Sorbat potàssic

- **Àcid bòric:** és un compost químic usat com antisèptic, insecticida, retardant de la flama i és precursor d'altres compostos químics. És usat també com a tampó.

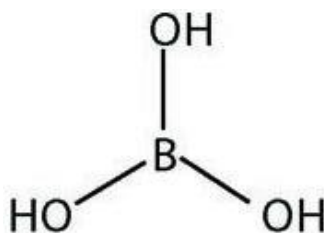


Figura 10. Estr. Molec Àcid bòric

- **Poliquaternarium-1 (Polyquad):** és un compost quaternari hidrosoluble emprat com a conservant en solucions per desinfectar lents de contacte d'hidrogel. A causa de que la mida relativament gran de les seves molècules impedeix que sigui absorbit pels polímers hidrofílics existents a la matriu de les lents d'hidrogel, no produeix reaccions adverses oculars en les concentracions de solucions de manteniment

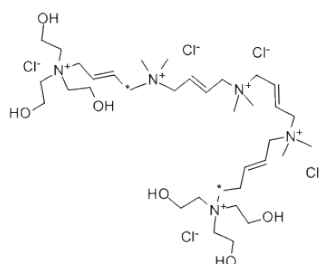


Figura 11. Estr. Molec. Polyquad

➤ Agents humectants i/o viscosants.

- **L'alcohol polivinílic (PVA):** és un polímer sintètic que s'adhereix a la superfície de la lent RPG; posseeix un grau de viscositat molt baix i és també emprat com a agent de suspensió i emulsificador. Té una baixa viscositat, de manera que les seves propietats absorbives i adhesives perllonguen el temps de solució humectant. En solucions humectants per RGP, no retarda la curació de l'epiteli i la conjuntiva.

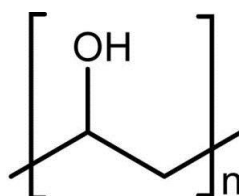


Figura 12. Estr. Molec. PVA

- **La Hidroxietilcel·lulosa:** és un agent emprat per donar més viscositat a la solució humectant. Té l'inconvenient de retardar la curació de l'epiteli.

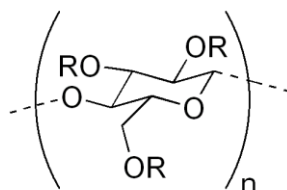


Figura 13. Estr. Molec Hidroxietilcel·lulosa

- **Àcid hialurònic:** és un polisacàrid del grup dels glicosaminoglicans que podem trobar de forma natural en el nostre organisme. Sol estar concentrat en les articulacions, els cartílags i la pell. Les seves qualitats principals són la humectació i les seves característiques per omplir teixits. L'únic inconvenient del seu ús en solucions i llàgrimes oculars és que provoca visió borrosa si és utilitzat en altes concentracions.

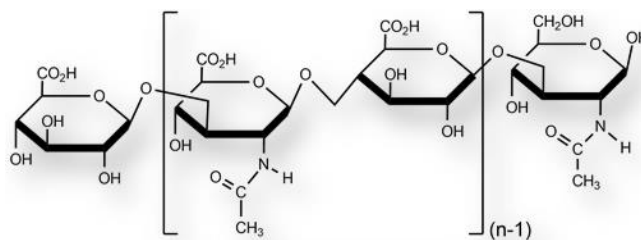


Figura 14. Estr. Molec. HA

- **Poloxàmer:** és un tensioactiu i humectant utilitzat en diverses solucions de manteniment per a lents de contacte. Retira els lípids de les LC a l'efectuar la fricció.

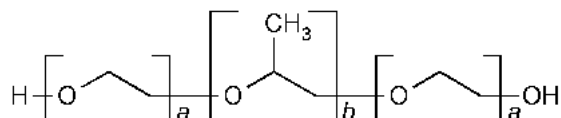


Figura 15. Estr. Molec. Poloxàmer

➤ Agents quelants

- **L'àcid etilendiaminetetraacètic (EDTA):** és un agent capaç de millorar l'eficàcia d'altres agents. A més de ser un agent de neteja i conservant, evita la decoloració i l'oxidació. No és tòxic per a l'ull.

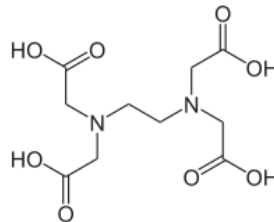


Figura 16. Estr. Molec. EDTA

➤ Agents reguladors de pH

Aquests agents emprats en les solucions humectants de LC, serveixen per conservar la solució a un pH determinat. En contactologia, el tipus de tampó depèn del conservant que porti la solució. Aquests agents poden ser sals alcalines o àcids. Els tampons més utilitzats per formular solucions humectants solen ser les sals de borats o fosfats. Sobretot si es desitja que la solució humectant tingui un pH igual al de la llàgrima, els més emprats solen ser:

- Fosfats de sodi
 - Borats
 - Bicarbonats
- Les estructures dependran de la sal amb que es trobin.

➤ Agents de tonicitat

- **Clorur de sodi:** és l'agent més emprat per controlar la tonicitat de la solució humectant. Actualment, aquest agent no només es fa servir per a la cura i conservació de lents d'hidrogel, sinó que també és l'única solució emprada per esbandir les lents de contacte RPG després de la neteja enzimàtica i amb tensioactius.

NaCl

MATERIALS

Solucions acondicionadores

Boston Advance

S'utilitza per humectar, conservar i desinfectar lents RGP, oferint als pacients un confort extra i prolongat. Facilita la formació d'una capa aquosa amortidora gràcies als polímers hidrofílics amb afinitat cap a la superfície de la lent RGP. Aquesta cobertura de la capa aquosa promou la formació de components essencials de la llàgrima (mucines), prolongant el temps d'ús i confort.

Composició

Desinfectants

- Poliaminopropil biguanida 0,0005%
- Gluconat de clorhexidina 0,003%
- Edetat disòdic 0,05%

Altres

- Sals i agents reguladors de pH
- Policuatnari 10
- Viscosant cel·lul·lòsic
- Alcohol polivinílic
- Derivat de polietilenglicol



Figura 17. Boston solució acondicionadora

Concare

Solució humectant, condicionadora i desinfectant per a tot tipus de lents de contacte rígides i permeables al gas. Presenta una alta viscositat que augmenta el confort de les RGP a l'hora de portar-les.

Composició

Humectants

- Alcohol polivinílic
- Hidroxipropilmetilcel·lulosa

Conservants

- Polihexanida biguanida 0,002%



Fig. 18. Concare solució Acondicionadora

Durasol

Disop Durasol conservador és una solució de manteniment per a lents de contacte rígides i permeables.

Composició

- Clorur sòdic
- Àcid bòric
- Tetraborat sòdic
- Poloxàmer
- Hidroxipropilmetilcel·lulosa
- Edetat disòdic 0,1%
- Polihexametil biguanida 0,0004%



Figura 19. Durasol acondicionador

Hidrohealth RPG

Solució única especial per a lents RPG. S'utilitza per netejar, desinfectar, aclarir i humectar les lents RPG amb un sol procés. No és necessari fregar.

La fórmula conté un humectant i un tensioactiu, que retira els lípids de la superfície de la lent a l'efectuar la fricció.

Composició

- Clorur sòdic
- Àcid bòric
- Tetraborat sòdic
- Poloxàmer
- Hidroxipropilmetilcel·lulosa
- Edetat disòdic 0,1%
- Polihexametil biguamida 0,0004%



Figura 20. Hidrohealth RPG

Llàgrimes artificials

Acuaiss

Les gotes oculars o llàgrima artificial Acuaiss, tenen alta concentració de hialuronat sòdic, el seu principal component, augmenta l'estabilitat de la pel·lícula lacrimal, augmenta la humectabilitat de la còrnia i redueix l'evaporació de les llàgrimes.

Composició

- Àcid hialurònic
- Hidroxiètil cel·lulosa
- Clorur sòdic
- Tetraborat sòdic
- Edetat disòdic 0,02%
- Polihexanida 0,0001%



Figura 21. Acuaiss llàgrima

Zero

Disop Zero Gotes humectants és Una llàgrima artificial amb àcid hialurònic d'alt pes molecular, que aporta una viscositat molt alta a la pel·lícula lacrimal i manté una fluïdesa adequada amb l'ull tancat. Conté únicament substàncies biològiques, en quantitats fisiològiques, amb el que resulta molt ben tolerat pels pacients.

Composició

- Àcid hialurònic 0,15%
- Clorur de sodi
- Hidrogenfosfat de sodi
- Dihidrogenfosfat de sodi



Figura 22. Zero llàgrima

Preparació de solucions al laboratori

A més a més d'aquestes solucions, vam crear-ne 3 més:

- Solució de PVA al 0,03%
- Solució de HEC al 0,05%
- Solució d'HA al 0,05%



Figura 23. Solucions preparades al laboratori

MÈTODES DE LABORATORI

A continuació es presentaran els mètodes o tècniques experimentals emprades en el laboratori per a la mesura de propietats físico-químiques.

Densitat

Material

- Balança
- Micropipeta
- Recipient (sabata)
- Mostra
- Aigua MilliQ
- Termostat
- Peu, amb nou i pinces
- Recipient petit amb tap de rosca

Procediment

Netegem i eixuguem tot el material que hem d'utilitzar. Anotem la temperatura ambient.

Engueguem la balança. Posem la sabateta dins i la tarem. Amb la micropipeta agafem 0.5mL d'aigua MilliQ, la posem dins la sabateta, tanquem porta de la balança i mirem el que marca (m1).

Ho repetim dues vegades més (m2) i (m3) afegint la solució al recipient fins a tenir-ne 3 resultats tarant la sabateta cada vegada. Fem la mitja i com que sabem que la densitat de l'aigua és 1g/cm^3 , a la temperatura ambient de 22°C , amb la fórmula $V=m/d$, calculem el valor que agafem com a volum (0,5038mL) per no fer tant error amb les altres solucions.

Per a cada solució fem el mateix, cadascuna amb una pipeta de plàstic diferent i evidentment amb la neteja de la sabateta (podem utilitzar gas argó si no queda eixuta del tot).

Posem en funcionament el termostat i regulem la temperatura per a 30°C .

Omplim el recipient amb el líquid a mesurar, el tanquem amb rosca per a què no s'evapori la part aquosa i el col·loquem en un bany dins del termostat amb l'ajuda d'un peu base i pinça que queda fora.

Quan després d'uns minuts s'arriba a la temperatura desitjada, repetim el procés anterior per a mesurar la densitat.

Fem el mateix per a 37°C .

Quan tenim els resultats, cal fer servir la fórmula $D = m \cdot V$, on $V = 0,5038 \text{ mL}$ per a saber la densitat de cada líquid. Un cop fet això, fem el valor mitjà de les tres densitats.

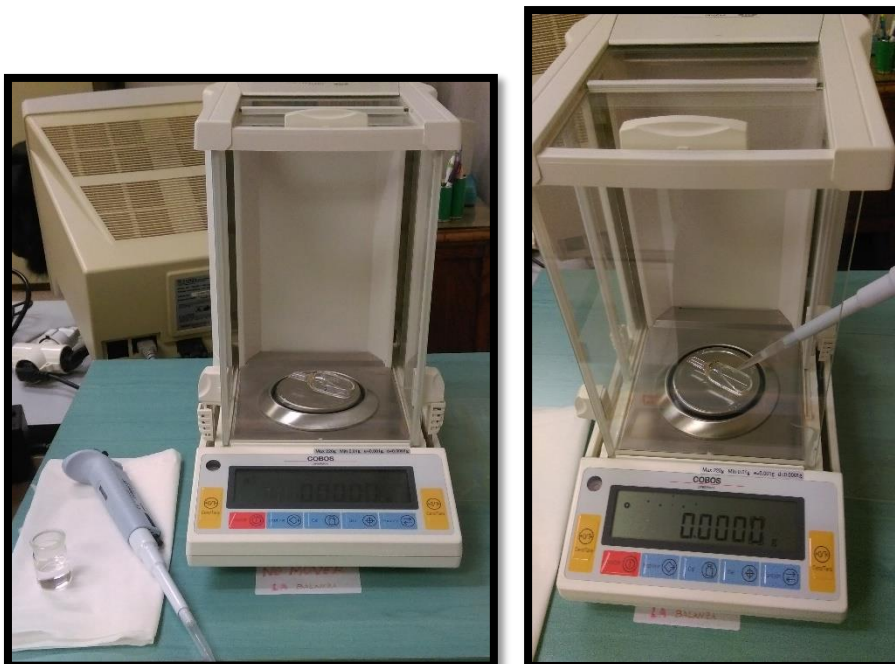


Figura 24 i 25. Balança, micropipeta, recipient amb solució i sabateta

pH

Material

- Vas de precipitats
- Dissolucions de calibratge
- pH-metre
- Elèctrode (microelèctrode)
- Mostra (quantitat petita)
- Aigua MilliQ
- Termostat
- Peu, amb nou i pinces
- Recipient petit amb tap de rosca

Procediment

Netegem i assequem el material a utilitzar. Anotem la temperatura ambient.

Una estona abans engegarem el pH-metre i retirem de la nevera les solucions de calibratge de pH=4 i pH7.

Netegem i fem el calibratge de l'elèctrode del pH-metre, tenint cura de la fragilitat de la punta.

Fem tres mesures del pH per a cada mostra i en calculem el valor mitjà.

Abans de fer la prova amb la mostra següent, netegem l'elèctrode amb aigua MilliQ.

Anem al termòstat que ja està preparat a 30°C de la pràctica de la densitat i també com abans posem una mostra dins del recipient amb tap, el deixem en remull i quan està a la temperatura desitjada fem la prova del pH ràpidament.

Fem el mateix per a 37°C.

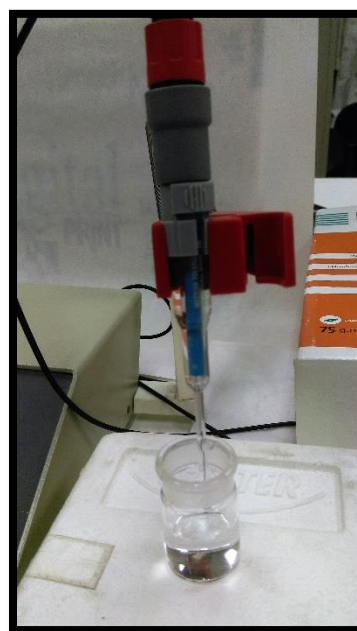
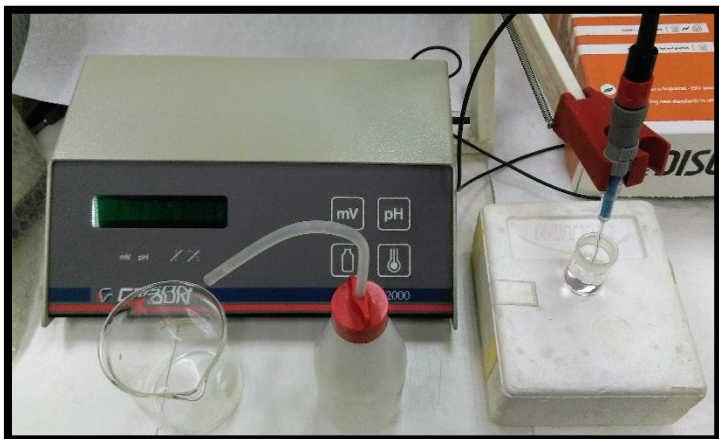


Figura 26 i 27. pH-metre, recipient amb solució i flascó rentador.

Tensió superficial

Material

- Vas de precipitats petit
- Balança de Langmuir
- Tira de paper (placa Wilhelmy)
- Aigua MilliQ
- Mostra

Procediment

Primer de tot engegarem l'ordinador i l'aparell. Anotem la temperatura ambient.

Posem la tireta de paper en aigua MilliQ durant uns 3 minuts i seguidament la col·loquem en la balança de Langmuir de l'aparell.

Després posem el líquid a mesurar en un vas petit que estigui net i sec i fem que la tira i el líquid facin contacte (esperar un minut).

Fem pujar la tira fins que el contacte amb la mostra sigui mínim i és aquí quan posem a zero la lectura de pressió superficial amb el software.

Procurem que la tira es desenganxi del líquid i just en aquest moment anotem el valor que el software ens marca. Aquest valor és la tensió superficial de la nostra mostra.

Repetim fins a tenir cinc mesures i traiem el valor promig.

Un cop fet això, s'haurà de netejar la tira fent diversos rentats amb aigua MilliQ nova abans de poder mesurar la tensió superficial d'un altre líquid.

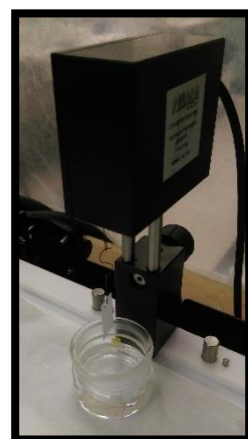
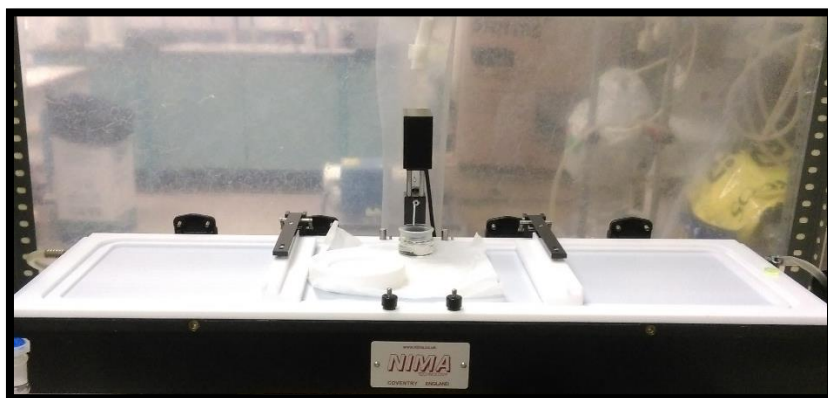


Figura 28 i 29. Balança de lagmuir, i recipient amb solució.

Viscositat

El viscosímetre d'Ostwald permet un càlcul ràpid de la viscositat relativa d'un líquid mesurant els temps que un mateix volum de dos líquids triga a passar entre les marques indicades en l'aparell. En el nostre cas fem servir els viscosímetres d'Ostwald de 75mL i 100mL segons veiem a simple vista si el líquid és més o menys viscos.

Ha estat utilitzat en diverses solucions després d'haver-se trencat l'altre viscosímetre disponible al laboratori, anomenat Viscoball.

El viscosímetre Viscoball o de caiguda de la bola, mesura la viscositat de líquids i gasos newtonians transparents i resulta especialment adequat per a materials de baixa viscositat. Es mesura el temps que triga una bola a realitzar una distància de referència a través del líquid de mostra en un tub cilíndric inclinat 80° i aquesta mesura es correlaciona amb una viscositat dinàmica.

La temperatura es controla de forma precisa gràcies a que està preparat per a l'incorporació d'un termòstat. Inclou 6 boles diferents, però nosaltres utilitzem la primera, que és més adient per a totes les solucions.

Ha estat utilitzat primerament aquest viscosímetre fins a la ruptura del tub per tensions en el vidre a l'augmentar la temperatura a causa d'una mal muntatge d'aquest vingut de fàbrica.

A) Viscosímetre de Ostwald

Material

- Vas de precipitats
- Pipeta
- Viscosímetre Ostwald
- Pipum
- Aigua MilliQ
- Mostra
- Cronòmetre
- Termòstat
- Peu, amb nou i pinces
- Recipient petit amb tap de rosca

Procediment

Comencem rentant el material 3 vegades amb aigua MilliQ i l'eixuguem. Anotem la temperatura ambient.

Omplim el viscosímetre amb aigua fins a la marca indicada, ja que prendrem l'aigua com a referència, i succionem el líquid amb el pipum.

Mesurem el temps que tarda l'aigua en fluir entre els dos punt mitjançant un cronòmetre.

Repetim el procés fins a 3 mesures i en traiem el valor promig del temps.

Netegem el viscosímetre i l'esbandim amb la mostra de la qual en mesurarem la viscositat, emprant una petita quantitat. Ho fem 3 vegades.

Repetim el mateix procés que amb l'aigua però amb la nostra mostra.

Amb el termòstat i la mostra ja preparats a 30°C de la pràctica de la densitat i del pH, fem el mateix per a totes les mostres. Després ho fem per a 37°C.

Ens fan falta aquestes fórmules per a trobar la viscositat:

Viscositat cinemàtica = $C \cdot t$ (C és la constant i t es el temps en segons).

Després apliquem la fórmula $C = \text{viscositat} / t$, per obtenir el valor de la constant tenint en compte les dades de viscositat de l'aigua, que les tenim tabulades.



Fig. 30. Viscosímetre d'Oswald, Erlenmeyer amb solució, pipum i vas de oreipitats.

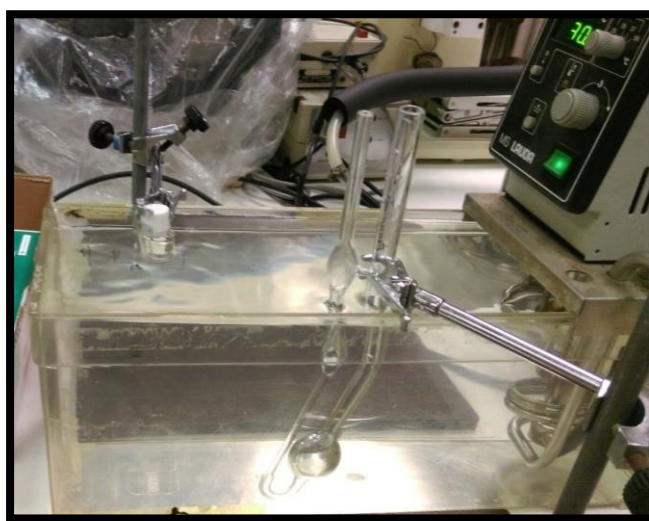


Figura 31. Viscosímetre d'Oswald dins del termostat

B) Viscoball

Material

- Vas de precipitats
- Pipeta
- Viscosímetre de caiguda de bola (Viscoball)
- Pipum
- Aigua MilliQ
- Mostra (quantitat gran, > 60 mL)
- Cronòmetre

Procediment

Agafem una bola concreta del nostre rang de viscositat a mesurar segons determinacions del fabricant.

Com a referència, agafem aigua MilliQ i calibrem el viscosímetre. Seguidament l'omplim. Anotem la temperatura ambient.

Amb el cronòmetre mesurem el temps que tarda l'aigua en fluir entre les dues senyals i ho repetim fins a tenir 3 resultats treure'n el valor mitjà.

Apliquem la fórmula de sota per obtenir el valor de la constant, ja que podem fer-ho gràcies a que les dades de la viscositat de l'aigua estan tabulades.

$$k = \eta / (t (d_1 - d_2)),$$

on K és la constant, η la viscositat, t el temps i d_1 i d_2 les densitats de la bola (2.231) i de l'aigua (0.99786) respectivament.

Esbandidim la mostra emprant una petita quantitat, (3 vegades) i omplim el viscosímetre amb la mostra. Fem el mateix procediment que abans i calculem la viscositat.

$$\eta = t (d_1 - d_2) k \quad (\text{mPa}\cdot\text{s}) \quad \text{on } t \text{ és temps i } d \text{ és densitat}$$

Com que aquest viscosímetre té adaptada una entrada i sortida per connectar a un termòstat, es pot regular la temperatura: el posem a 30°C, col·loquem la mostra dins i esperem a que s'atemperi. Seguidament procedim de la mateixa manera que abans per a tots els líquids.

Fem el mateix per a 37°C.

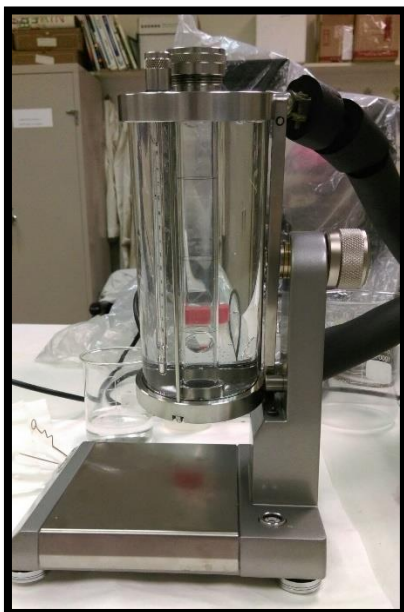


Fig. 32. Viscosímetre Viscoball



Fig. 33. Boles de caiguda de diferents densitats.



Figura 34. Viscosímetre Viscoball amb termòstat. Tornavís, vas precipitats, flascó i pinces.

Angle de contacte

Material

- Goniòmetre
- Lampareta
- Portaobjectes de vidre, tacos de PMMA i RPG
- Micropipeta
- Aigua MilliQ
- Mostres

Procediment

Primer de tot es prepara el goniòmetre regulant l'enfoc manualment i pujant o baixant també manualment el suport per a veure la base metàl·lica nítida. Anotem la temperatura ambient.

Agafem el material (vidre, PMMA o RPG segons la mostra que analitzem) i el posem sobre la base.

Després amb l'ajuda de la micropipeta posem una gota de mostra sobre del material i seguidament a través del portaangles ens fixem en el que marca en un i altre costat de la gota.

Fem el mateix amb una altra gota i obtenim la mitjana dels 4 resultats. Aquest és el valor de l'angle de contacte.

Procedim de la mateixa forma per als altres materials i mostres tenint precaució de rentar bé el material i canviar de punta la micropipeta.

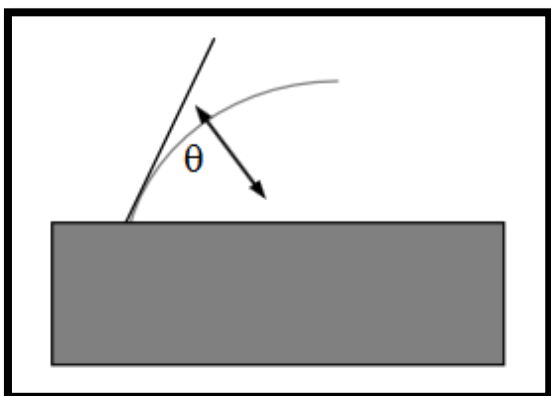


Figura 35. Esquema angle de contacte

Salinitat

Material

- Refractòmetre digital
- Comptagotes
- Aigua MilliQ
- Mostres

Procediment

Posem en funcionament el refractòmetre digital. Anotem la temperatura ambient.

Amb l'ajuda d'un comptagotes posem una gota d'aigua en el sotet indicat de l'aparell, per a calibrar-lo.

Un cop fet això, netegem amb aigua MilliQ fins que no quedi salinitat segons l'aparell i podem procedir a fer el mateix amb una mostra.

Mesurem 3 vegades per mostra i netegem molt bé el refractòmetre entre una i l'altra.

El valor de la salinitat obtinguda és el valor mitjà de les 3 mesures.

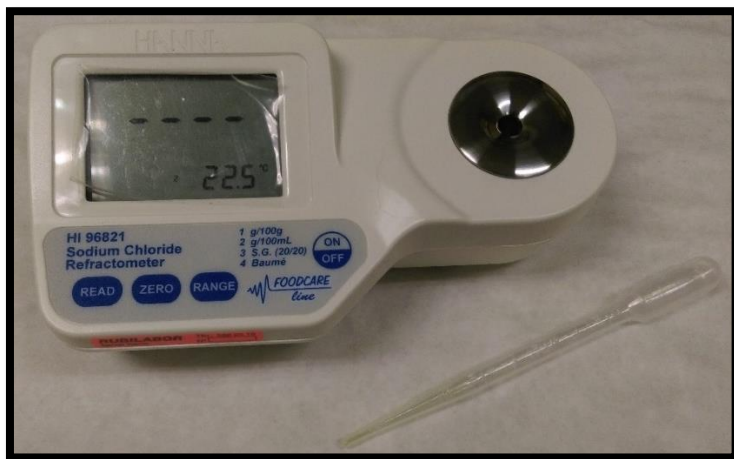


Figura 36. Refractòmetre digital i comptagotes.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

En els següents apartats es presenten els resultats obtinguts per a cadascuna de les propietats estudiades.

Densitat

ρ (g/mL)	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
23°C	0.9734	0.9926	0.9986	0.9411	1.0145	1.0102
30°C	1.0019	0.9717	1.0096	0.9858	0.9712	1.0183
37°C	1.0392	0.9976	1.0413	1.0130	0.9629	1.0158

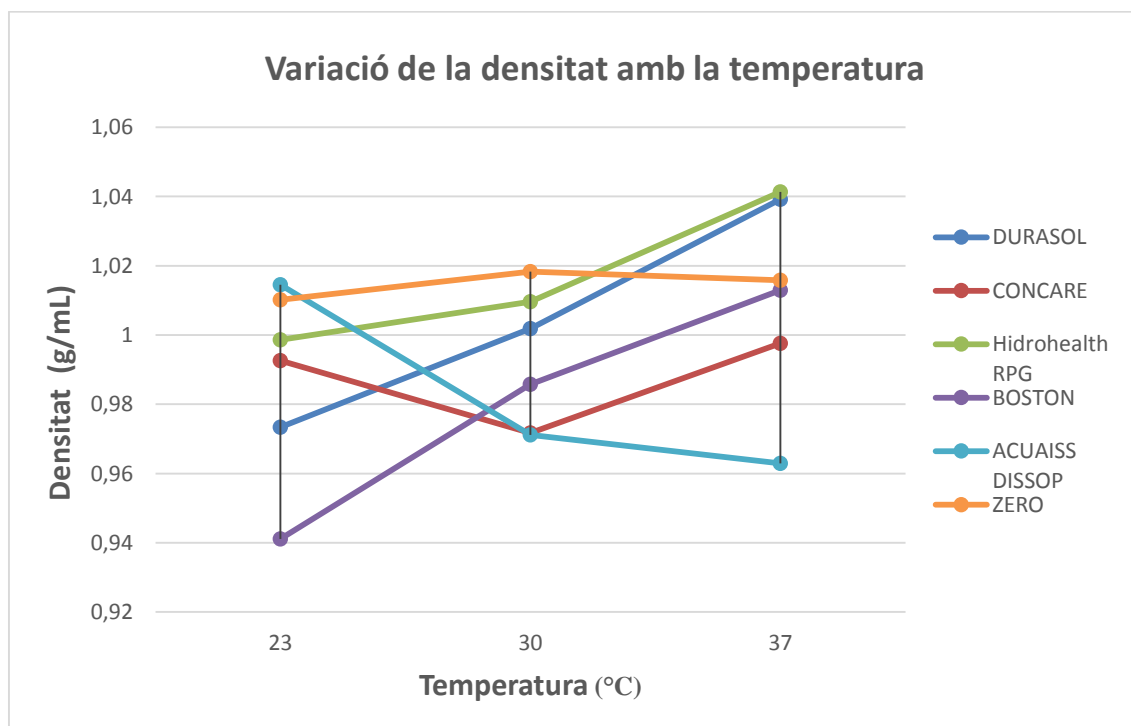
Taula 1. Resultats densitat. Solucions comercials.

ρ (g/mL)	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
23°C	0.9887	0.9819*	1.0037

Taula 2. Resultats densitat. Solucions preparades al laboratori.

* Els asteriscos de la solució d'HEC signifiquen que els resultats han estat obtinguts per un company, Adrià Alcoverro, que compartia les mateixes tècniques de laboratori.

En totes les solucions podem veure que ens dona una densitat similar a la de l'aigua, al voltant de 1g/mL, ja que en totes elles hi ha una proporció molt elevada d'H₂O.



Gràfica 1. Variació de la densitat amb la temperatura. Solucions comercials.

Obtenim les línies de densitat segons la temperatura per a cadascuna de les solucions i veiem que no segueixen un patró de relació entre les dues variables. Tot i així, les diferències són petites. La màxima variació de valors és de 0.1002 g/mL entre la densitat màxima a 37°C de la solució que ens ha donat més densa (Hidrohealth RPG) i la densitat mínima a 23°C de la solució que ens ha donat menys densa (Boston).

Com més fred està un líquid, més dens es torna. Les molècules en els líquids més freds es troben més properes que en líquids més calents.

És per això que podem dir que els resultats trobats disten una mica dels esperats, que seria el decreixement de la densitat a mesura que augmentem la temperatura.

Segurament és degut a que eren quantitats de volum de líquid molt petites, que encara que les mesurèssim molt ràpidament, jugàvem amb el factor del refredament ràpid del líquid un cop tret del bany amb temperatura més elevada.

També podria ser degut a que els valors són molt similars, ja que les temperatures només es diferencien en 14°C.

Per a futurs treballs es suggereix pensar en una tècnica millor per controlar la temperatura de la mostra en tot moment.

pH

pH	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
23°C	7.27	7.093	7.30	7.156	7.43	6.926
30°C	7.293	7.076	7.33	7.116	7.463	6.96
37°C	7.278	7.063	7.303	7.136	7.476	6.993

Taula 3. Resultats pH. Solucions comercials.

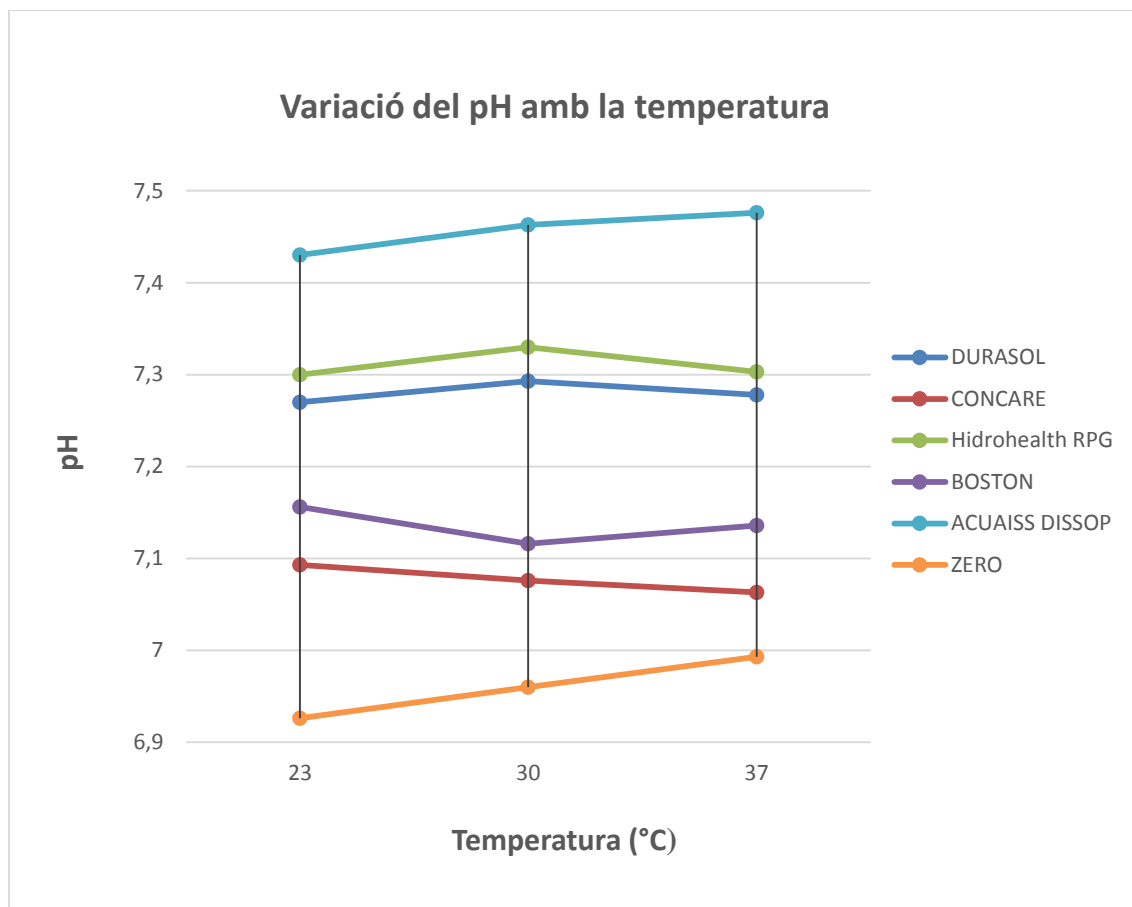
pH	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
23°C	5.972	6.24*	6.1

Taula 4. Resultats pH. Solucions preparades al laboratori.

Els resultats, en el cas del pH, han sortit més variats. Amb un pH més baix trobem les nostres solucions preparades al laboratori; tot seguit les llàgrimes artificials Zero. Concara i Boston anirien després i per acabar, Durasol, Hidrohealth RPG i Acuaiss Disop són les que ens han donat un pH més alt, més alcalí.

La nostra llàgrima té un pH pels volts de 7.3-7.4, encara que pot variar dels 6.93 quan l'ull està tancat degut a un cert grau d'hipòxia i fins als 7.83 quan s'alcalinitza durant el dia. Es manté en aquest rang gràcies al seu contingut en proteïnes i ions bicarbonat que fan de reguladors del pH.

En les solucions preparades al laboratori on veiem que PVA 0.03%, HEC 0.05% i HA 0.05% tenen un pH més baix a la resta; segurament sigui per la falta de sistemes tampó reguladors del pH com ara bicarbonats, fosfats i/o borats.



Gràfica 2. Variació del pH amb la temperatura. Solucions comercials.

Si ens fixem en la gràfica que compara el pH de les solucions ja preparades amb la temperatura, no trobem cap patró definit entre les dues variables, ja que en unes solucions puja i en d'altres baixa. En el cas de les llàgrimes Acuaiss Disop i Zero, veiem un lleuger increment del pH amb la temperatura, encara de menys de 0,1.

La temperatura té un efecte mesurable encara que molt lleuger sobre el pH de l'aigua. De fet, l'aigua pura té un pH de 7 només exactament a 25 graus Celsius. A mesura que la temperatura de l'aigua puja, el pH disminueix. Als 60 graus Celsius, l'aigua pura registra un valor de pH de 6,96. En altres paraules, el canvi és molt lleuger.

En els nostres casos no podem concloure que el pH disminueix amb l'augment de la temperatura. Això podria ser degut primerament pel mateix que amb la densitat, és a dir, el refredament ràpid al treure les solucions del termostat.

També podria ser perquè els valors són molt semblants els uns amb els altres, i com bé diu la teoria, per a que passi l'aigua de pH 7 a pH 6,96, ha d'haver un increment de temperatura de 35 graus. Per tant, a les nostres solucions tampoc es veuen diferències significatives al passar de 23°C a 30°C o 37°C.

Tensió superficial

γ (mN/m)	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
23°C	38.96	46.56	38.42	45.24	51.02	59.22

Taula 5. Resultats tensió superficial. Solucions comercials

γ (mN/m)	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
23°C	60.1	60.74*	61.96
50 dies després	54.78	55.88	57.8

Taula 6. Resultats tensió superficial. Solucions preparades al laboratori.

Si ens fixem en els resultats de les tensions superficials de les solucions, ràpidament en veiem diferències. En el cas de Durasol i Hidrohealth RPG, la tensió superficial es veu disminuïda respecte de les demés. Encara i així, totes tenen valors de tensió superficial inferiors a la de l'aigua (72.8 mN/m a 20°C).

Com que aquestes dues solucions porten agents tensioactius, en aquest cas poloxàmer, la seva tensió superficial disminueix més.

Les llàgrimes Zero i Acuaiss, ja no tenen una tensió tan baixa i les que tenen una tensió més alta serien les preparades en el laboratori, ja que no hi hem afegit cap mena de surfactant específic.

En el cas de les solucions preparades al laboratori varem fer l'experiment de mesurar la tensió superficial al cap d'uns dies, per veure la seva estabilitat i comportament. Al fixar-nos en les solucions preparades, veiem que al cap de 50 dies, disminueixen la tensió superficial; pot ser degut a canvis en la estructura de la dissolució, ja que les cadenes polimèriques dels soluts es reorganitzen i més molècules acaben en la superfície, disminuint la tensió superficial.

Viscositat

η (mPa·s)	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
23°C	3.145	13.40	2.94	23.12	8.2416	8.7676
30°C	2.38	10.376	2.314	17.615	7.2240	7.0712
37°C	---	7.666	1.812	13.342	6.0048	6.3588

Taula 7. Resultats viscositat. Solucions comercials

η (mPa·s)	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
23°C	0.9259	1.1135*	8.9766
20 dies desp			23.6458
50 dies desp	0.9072	1.0795	24.0763
30°C	0.7840	0.9357	10.1043
37°C	0.6856	0.8141	9.3319

Taula 8. Resultats viscositat. Solucions preparades al laboratori.

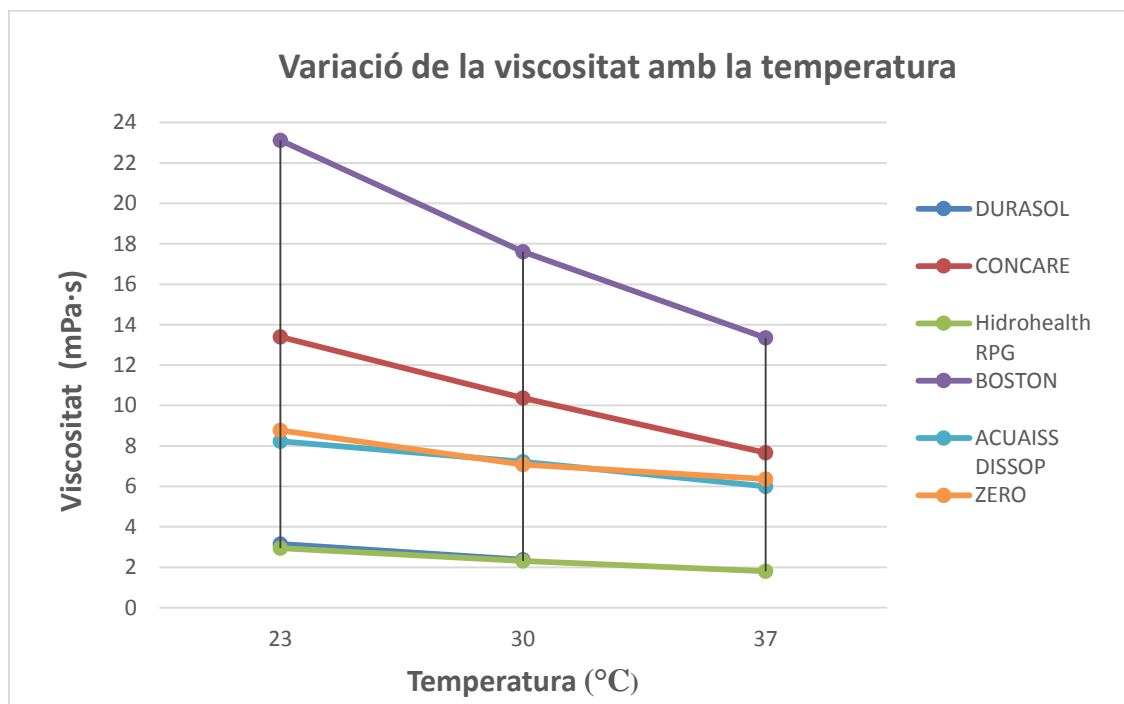
En els resultats obtinguts a 23°C, veiem uns valors de viscositats entre 2.94 mPa·s de la solució Hidrohealth RPG i 23.12 mPa·s de la solució Boston.

D'entre les solucions a 23°C preparades al laboratori, tenim uns valors entre 0.9259 mPa·s de solució PVA 0.03% i 8.9766 mPa·s de la solució d'HA 0.05%

La alta viscositat de Boston seria pel viscosant cel·lulòsic que incorpora per a prolongar el temps d'ús i confort de les lents de contacte RPG i passaria el mateix per a Concare.

La alta viscositat de la solució d'HA 0.05%, seria pel mateix àcid hialurònic.

En Acuaiss Disop i Zero, la viscositat també és elevada perquè també incorporen HA en les llàgrimes artificials.



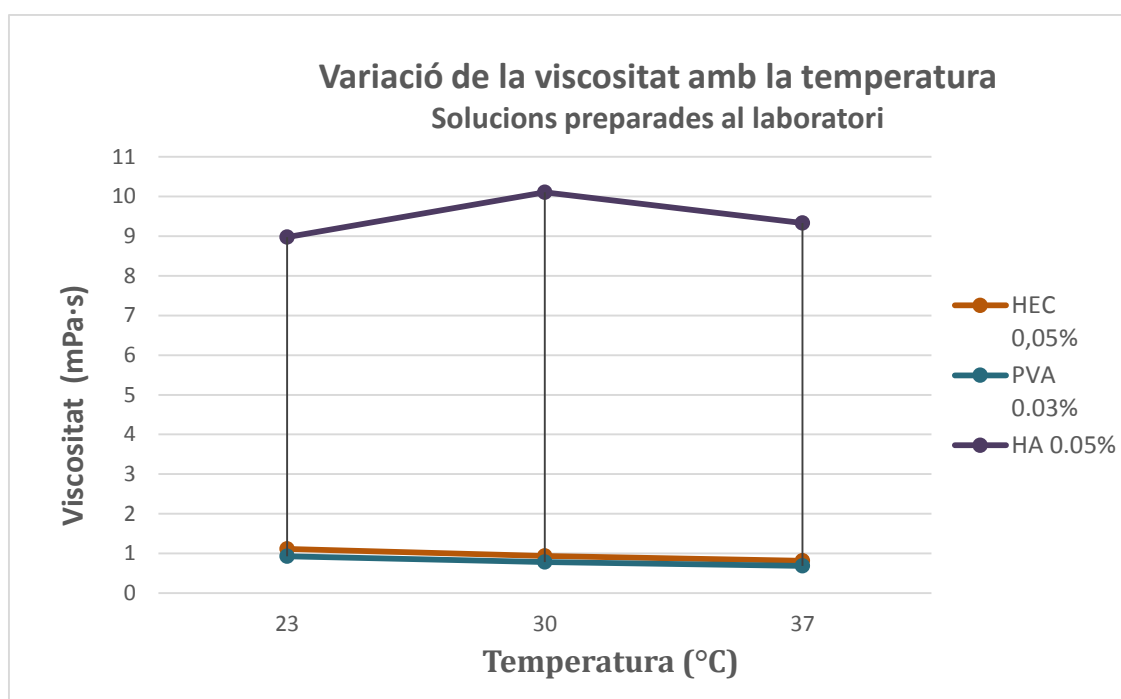
Gràfica 3. Variació de la viscositat amb la temperatura. Solucions comercials

Segons la gràfica veiem que en tots els casos, les solucions triades disminueixen la viscositat a l'augmentar la temperatura.

Encara que Boston sembla la solució on la viscositat varia més amb la temperatura, si fem la variació relativa, veiem que la solució amb un canvi més elevat és Concacre, amb una variació relativa de 42.79% seguida de Boston amb 42.29%. La que menys varia és Acuaiss Disop, amb 27.14%.

Les molècules en un líquid estan relativament a prop. Aquestes molècules s'atrauen les unes a les altres amb forces cohesives que afecten la viscositat del líquid i l'aglutinen. La distància entre les molècules s'incrementa a mesura que la temperatura augmenta. Ja que la intensitat de les forces cohesives que uneixen les molècules disminueix a mesura que es van apartant, la viscositat també disminueix.

Per tant ens donen uns resultats coherents.



Gràfica 4. Variació de la viscositat amb la temperatura. Solucions preparades al laboratori.

En el cas de la solució de PVA 0.03% i HEC 0.05%, també segueixen el mateix patró que anteriorment, és a dir, disminueix la viscositat amb la temperatura.

Si ens fixem en la solució d'HA 0.05% ena adonem que difereix de les anteriors, ja que al mesurar la viscositat a 30°C la viscositat augmenta respecte a l'anterior fent un pic a la gràfica que després torna a disminuir a 37°C, però continua sent superior a la de 23°C.

Quan comparem les solucions amb el temps a 23°C, veiem també que PVA 0.03% i HEC 0.05% disminueixen lleugerament la viscositat 50 dies després i, en canvi, HA 0.05% presenta un augment acusat de la viscositat al cap d'uns dies de preparar-lo.

Vam repetir els resultats al trobar incoherències i també degut a la formació de bombolles al capil·lar del viscosímetre. Després de tornar a trobar discrepàncies en la solució d'HA 0.05%, creiem que podrien ser degudes a una gelificació, xarxa de gel format amb el temps. Això s'hauria de tenir en compte en futurs experiments.

Angle de contacte

θ (°) 23°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
Vidre	47.5	57.5	38.75	57.5	56.25	56.25
PMMA	31.25	46.25	55	45	37.5	65
RPG	50	42.5	55	41.25	--	--

Taula 9. Resultats angle de contacte. Solucions comercials.

θ (°) 23°C	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
Vidre	65	56.25	60
PMMA	75	71.25	66.25

Taula 10. Resultats angle de contacte. Solucions preparades al laboratori.

Fixant-nos en els resultats dels angles de contacte veiem que les solucions de Durasol i Hidrohealth tenen un valor inferior que les demés. Podria ser donat una altre vegada pel poloxàmer que porta un agent tensioactiu, que redueix l'angle de contacte entre la solució i el sòlid.

Les solucions preparades al laboratori són les que més s'apropen a les propietats d'angle de contacte de l'aigua en el cas PMMA, (aproximadament: 51.25, 71.25 i 102.5 en vidre, PMMA i RPG respectivament). Això deu ser degut a que no hem posat en les nostres solucions elements reductors de l'angle de contacte, com serien tensioactius específics tipus poloxàmer.

En canvi en el vidre s'assemblen més els resultats de les solucions comercials.

Hi ha una disminució de l'angle de contacte respecte a l'aigua, es nota més en les solucions per a RPG sobre material RPG, la qual cosa es bona, es coherent.

Salinitat

Salinitat (g NaCl /100 mL)	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
23°C	1.4	2.0	1.4	2.3	1.0	1.0

Taula 11. Resultats salinitat. Solucions comercials.

Com podem observar totes les solucions tenen una salinitat superior a 0.9% NaCl, que seria el adequat per tenir una isotonicitat en la llàgrima. Per tant, totes les solucions comercials que hem triat són hipertòniques, encara que les llàgrimes artificials entrarien dins de la tonicitat normal.

TAULA RESUM

		DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
Densitat	23°C	0.9734	0.9923	0.9986	0.9411	1.0145	1.0102
	30°C	1.0019	0.9717	1.0096	0.9858	0.9712	1.0183
	37°C	1.0392	0.9976	1.0413	1.0130	0.9629	1.0158
pH	23°C	7.27	7.093	7.30	7.156	7.43	6.926
	30°C	7.293	7.076	7.33	7.116	7.463	6.96
	37°C	7.278	7.063	7.303	7.136	7.476	6.993
Tensió superficial	23°C	38.94	46.56	38.42	45.24	51.02	59.22
Viscositat	23°C	3.145	13.40	2.94	23.12	8.2416	8.7676
	30°C	2.38	10.376	2.314	17.615	7.2240	7.0712
	37°C	---	7.666	1.812	13.342	6.0048	6.3588
Angle contacte	23°C	vidre	47.5	57.5	38.75	57.5	56.25
		PMMA	31.25	46.25	55	45	37.5
		RPG	50	42.5	55	41.25	---
Salinitat	23°C	1.4	2.0	1.4	2.3	1.0	1.0

Tabla 12. Taula resum de resultats. Solucions comercials.

			PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
Densitat	23°C		0.9887	0.9819*	1.0037
pH	23°C		5.972	6.24*	6.1
Tensió Sup	23°C		60.1	60.74*	61.96
			54.78	55.88	57.8
→En 50dies					
Viscositat	23°C		0.9259	1.1135*	8.7770
	→En 20dies				23.6458
	→En 50dies		0.9072	1.0795	24.0763
	30°C		0.7840	0.9357	9.9831
	37°C		0.6856	0.8141	9.3319
Àngle contacte	23°C	vidre	65	56.25*	60
		PMMA	75	71.25*	66.25

Taula 13. Taula resum de resultats. Solucions preparades al laboratori.

El càlcul de la desviació estàndard i el valor mitjà ha estat calculat a partir de les següents fórmules; primer calculant el valor mitjà i després la desviació:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

* Els asteriscos de la solució d'HEC signifiquen que els resultats han estat obtinguts per un company que compartia les mateixes tècniques de laboratori.

CONCLUSIONS

La densitat és la propietat analitzada que menys varia en les nostres solucions respecte al valor de la densitat de l'aigua, probablement degut a la baixa concentració dels soluts en dissolució.

Les solucions (menys les preparades al laboratori) tenen un pH neutre o pròxim a 7 gràcies a la incorporació de sistemes reguladors del pH, com en podrien ser els borats i els fosfats junt amb la seva sal.

Les tensions superficials obtingudes de totes les solucions són menors a la de l'aigua, en especial aquelles que incorporen agents tensioactius, com ara poloxàmer.

La viscositat és la propietat que més varia d'una solució a una altra depenent de l'ús que se'n faci, ja que tolerem un alt rang de viscositats. En el nostre cas les solucions més viscoses són de Concare i Boston perquè porten viscosants derivats de la cel·lulosa. També en les llàgrimes artificials la viscositat està augmentada amb l'àcid hialurònic, HA. El PVA quasi no modifica la viscositat, respecte a l'aigua, potser una mica a la baixa pel que hem mesurat, però no es pot comparar amb l'efecte del gran augment que presenten la Boston i Concare; per tant, podríem pensar que no aporta viscositat com veiem en la solució preparada al laboratori. Quan preparem una solució amb derivat cel·lulòsic HEC 0.05%, veiem que la seva viscositat és baixa respecte les demés. Podríem pensar que es per la baixa concentració utilitzada però en l'HA 0.05% s'hi diferencia molt tot i tenir-ne la mateixa concentració.

En les solucions comercials no s'indica la concentració dels components, la qual cosa fa difícil extreure'n més conclusions, ja que les propietats també depenen de la concentració dels components. S'ha de fer estudis amb els components purs per a preparar solucions més similars a les comercials.

Les solucions comercials analitzades per a lents de contacte RPG són hipertòniques, superen el 0.9% d'una solució de sèrum fisiològic.

Els angles de contacte de les solucions comercials són, en general, inferiors al de l'aigua. Especialment ho veiem en les solucions RPG sobre un material RPG.

Pel que fa a la temperatura, de les tres propietats estudiades, la viscositat és sens dubte la que més varia de 23°C a 37°C, amb una relació clara entre les dues variables.

L'estudi amb la temperatura ens permetrà saber la viscositat de les llàgrimes i les solucions LC a la temperatura de l'ull ($\approx 32^\circ\text{C}$).

En el cas de la densitat i el pH no hem pogut definir un patró entre aquestes i la temperatura, reflectit en les gràfiques, ja que les diferències són lleus, la variació de temperatura insuficient i el mètode de mesura no és altament fiable.

Totes les solucions comercials, tant humectants com llàgrimes artificials analitzades, entren dins de les característiques fisiològiques òptimes per a ser funcionals.

BIBLIOGRAFIA

Assignatura obligatòria de Materials Òptics, FOOT (Prof. P. Navarro, any 2014)

Assignatura optativa de Tractaments Superficials, FOOT (Prof. J. Torrent, any 2015)

Núria Hernàn *"Anàlisi de les habilitats oculomotores en la velocitat i comprensió lectora en estudiants de primària"*, Gener 2016

Adrià Alcoverro *"Solucions humectants per a lents de contacte. Característiques, composició i propietats"*, Gener 2016

WEBGRAFIA

Juan A. Durán de la Colina, Inmaculada Aguado del Yerro, *"mantenimiento de las lentes de contacto"*

<http://www.oftalmo.com/publicaciones/lentes/cap5.htm>

Antonio Cortes, *"Soluciones de mantenimiento"*, 17 Abril 2013

<http://clearlents.blogspot.com.es/2013/04/soluciones-de-mantenimiento.html>

Josep Eladi Baños i Marian March, *"Farmacología ocular"*, Setembre 2002

https://books.google.es/books?id=gsb6J2sYdisC&pg=PA215&lpg=PA215&dq=soluciones+humectantes+caracteristicas+propiedades+funciones&source=bl&ots=YjBS9Pp-U2&sig=WYkTOw3RdOHHxUMGDpl-U4wa_NA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiAl8aL0ebLAhWCmBoKHfQwDDkQ6AEINDAE#v=onepage&q&f=false

Rebecca Rogge i traducido por Marcela Carniglia, *"Cómo afecta la temperatura a la densidad de un líquido en el laboratorio"*

http://www.ehowenespanol.com/afecta-temperatura-densidad-liquido-laboratorio-info_208358/

J. Torrent Burgués, Depto Ingeniería Química, FOOT-UPC, Terrassa, *"Medida del ángulo de contacto"*

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/17638/Report%20Mesura%20angle%20contacte%20def.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Miñones Conde M, *"cambios inducidos por las lentes de contacto en las propiedades y en la composición de la película lagrimal"*, Revista española de contactología part XIV 2007

<http://www.oftalmo.com/sec/07-tomo-1/02.htm>

Pablo Dotro, Mariano Nardi, Debora Rodríguez, Vanesa Rodríguez, *"Estudio de la Evolución del pH en Función de la Temperatura"*, 1994

<http://www.elysium.com.ar/science/phys/files/ph.pdf>

Hunkar Ozyasar traducido por Andrómeda Diamond, *“Los efectos de la temperatura en el pH del agua”*

http://www.ehowenespanol.com/efectos-temperatura-ph-del-agua-sobre_100120/

<http://www.opticavillasan.com/liquidos.htm>

<http://www.farmaciefedefarma.com/cat/consells-salut/ull-sec-0>

<http://www.bausch.com.ar/nuestros-productos/cuidado-de-las-lentes-de-contacto/soluciones-para-el-cuidado-de-lentes-de-contacto-r%C3%ADgiditas-gas-permeables-rgp/boston-advance-soluci%C3%B3n-acondicionadora/>

<http://www.interempresas.net/Medico-hospitalario/FeriaVirtual/Producto-Soluciones-acondicionadoras-Concare-123128.html>

http://www.promofarma.com/productos/ver/producto/30647?utm_source=zanox&utm_campaign=afiliacion&utm_medium=afiliacion&origin=zanox&utm_content=30647#ectrans=1

<https://www.lentesdecontacto365.es/lentillas/acuaiss-6ml.html>

http://es.disopzero.com/gotas_humectantes/

<https://es.scribd.com/doc/94326047/Efectos-de-La-Temperatura-en-Los-Liquidos>

<https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/basesFQ/Pract/cuatroycinco.pdf>

https://es.vwr.com/store/catalog/product.jsp?catalog_number=645-0005

ANNEXOS

A) Densitat

A.1

Aigua d= 0.9979 (22°C)	M1= 0.5034g	M2= 0.5021g	M3= 0.5027g	
V=m/d	V1= 0.5044mL	V2= 0.5032mL	V3= 0.5038mL	Vm= 0.5038mL Des.Est= 0.0006

A.2

M (g) 23°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
M1	0.4876	0.5068	0.5043	0.4788	0.5111	0.5163
M2	0.4935	0.4978	0.5012	0.4702	0.5063	0.5050
M3	0.4902	0.4957	0.5040	0.4735	0.5160	0.5056

ρ (g/mL) 23°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
D1	0.9678	1.0059	1.0009	0.9503	1.0144	1.0248
D2	0.9795	0.9880	0.9948	0.9333	1.0049	1.0023
D3	0.9730	0.9839	1.0003	0.9398	1.0242	1.0035
promig	0.9734	0.9926	0.9986	0.9411	1.0145	1.0102
Des.Est	0.0058	0.0116	0.0033	0.0085	0.0096	0.0126

A.3

M (g) 30°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
M1	0.5015	0.4868	0.5074	0.4860	0.4810	0.5074
M2	0.5028	0.4982	0.5206	0.5045	0.4911	0.5160
M3	0.5100	0.4838	0.4980	0.4996	0.4959	0.5158

ρ (g/mL) 30°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
D1	0.9954	0.9662	1.0071	0.9646	0.9547	1.0071
D2	0.9980	0.9888	1.0333	1.0013	0.9747	1.0242
D3	1.0123	0.9603	0.9884	0.9916	0.9843	1.0238
promig	1.0019	0.9717	1.0096	0.9858	0.9712	1.0183
Des.Est	0.0090	0.0150	0.0225	0.0190	0.0151	0.0097

A.4

M (g) 37°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
M1	0.5227	0.4980	0.5216	0.5110	0.4738	0.4986
M2	0.5228	0.5074	0.5262	0.5098	0.4865	0.5203
M3	0.5252	0.5025	0.5261	0.5104	0.4951	0.5165

ρ (g/mL) 37°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
D1	1.0375	0.9884	1.0353	1.0142	0.9404	0.9896
D2	1.0377	1.0071	1.0444	1.0119	0.9656	1.0327
D3	1.0424	0.9974	1.0442	1.0131	0.9827	1.0252
promig	1.0392	0.9976	1.0413	1.0130	0.9629	1.0158
Des.Est	0.0027	0.0093	0.0051	0.0011	0.0212	0.0230

Solucions preparades al laboratori

A.5

M (g) 23°C	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
M1	0.4990		0.0545
M2	0.4986		0.5071
M3	0.4969		0.5055

ρ (g/mL) 23°C	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
D1	0.9904		1.0013
D2	0.9896		1.0065
D3	0.9863		1.0033
promig	0.9887	0.9819*	1.0037
Des.Est	0.0021		0.0026

B) pH

B.1

22°C	pH 1	pH 2	pH 3	promig	Des.Est
Aigua	6.03	5.58	5.60	5.736	0.2542

B.2

pH 23°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
pH 1	7.28	7.08	7.29	7.15	7.51/7.39	6.92
pH 2	7.24	7.11	7.31	7.16	7.40/7.37	6.93
pH 3	7.29	7.09	7.30	7.16	7.48	6.93
promig	7.27	7.093	7.30	7.156	7.43	6.926
Des.Est	0.0264	0.0152	0.0100	0.0057	0.0612	0.0057

B.3

pH 30°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
pH 1	7.28	7.07	7.35	7.11	7.47	6.96
pH 2	7.30	7.09	7.33	7.12	7.45	6.96
pH 3	7.30	7.07	7.31	7.12	7.47	6.96
promig	7.293	7.076	7.33	7.116	7.463	6.96
Des.Est	0.0115	0.0115	0.0199	0.0057	0.0115	0

B.4

pH 37°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
pH 1	7.36/7.25	7.06	7.28	7.14	7.46	7.02
pH 2	7.28/7.32	7.07	7.32	7.14	7.49	6.98
pH 3	7.25/7.21	7.06	7.31	7.13	7.48	6.98
promig	7.278	7.063	7.303	7.136	7.476	6.993
Des.Est	0.0541	0.0057	0.0208	0.0057	0.0152	0.0230

Solucions preparades al laboratori

B.5

pH 23°C	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
pH 1	5.92/5.87		6.07
pH 2	6.10/5.90		6.13
pH 3	6.07		6.10
promig	5.972	6.24*	6.1
Des.Est	0.1052		0.0299

C) Tensió superficial

C.1

Y (mN/m) 23°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
Y1	39.4	47.9	38.6	45.5	50.9	59.5
Y2	39.3	46.8	38.3	45.8	51.5	59.3
Y3	38.7	46	38.3	45.5	50.2	59.1
Y4	38.7	46.2	38.4	44.2	51.3	58.9
Y5	38.7	45.9	38.5	45.2	51.2	59.3
promig	38.96	46.56	38.42	45.24	51.02	59.22
Des.Est	0.3577	0.8264	0.1303	0.6188	0.5069	0.2280

La tensió superficial de Boston i Durasol a 30°C no les he posat ja que vam dir que al final no les faríem al comparar resultats i veure que no varia gaire i que la temperatura es perd al fer la preparació.

Solucions preparades al laboratori

C.2

Y (mN/m) 23°C	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
Y1	60.0		62.4
Y2	60.3		61.3
Y3	60.5		62.0
Y4	59.9		61.8
Y5	59.8		62.3
promig	60.1	60.74*	61.96
Des.Est	0.2915		0.4393

C.2.1

Y (mN/m) 23°C 50 dies DESPRÉS	PVA 0.03%	HEC 0.05%	HA 0.05%
Y1	55.5	56.3	57.5
Y2	55	56.1	57.9
Y3	54.8	55.8	58
Y4	54.4	55.6	58
Y5	54.2	55.6	57.6
promig	54.78	55.88	57.8
Des.Est	0.5119	0.3114	0.2345

D) VISCOSITAT

D.1.1

23 °C	temps 1	temps 2	temps 3	promig	K viscoball	Des.Est
Aigua	29.82	29.88	29.77	29.823	0.02597	0.0550

D.2

CONCARE	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1	6' 57'' 31	5' 24'' 6	3' 57'' 5
temps 2	6' 58'' 83	5' 21'' 6	4' 00'' 1
temps 3	6' 54'' 05	5' 24'' 2	3' 58'' 0
Promig temps	416.73	323.46	238.53
Desviació estàndard	2.4422	1.6289	1.3796
viscositat η (mPa·s)	13.40	10.376	7.666

D.3

HIDROHEALTH RPG	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1	1' 31'' 70	1' 13'' 0	56'' 8
temps 2	1' 32'' 82	1' 11'' 1	56'' 1
temps 3	1' 31'' 07	1' 12'' 4	56'' 3
Promig temps	91.86	72.16	56.4
Desviació estàndard	0.8863	0.9712	0.3605
Viscositat η (mPa·s)	2.94	2.314	1.812

D.4

DURASOL	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1	1' 38'' 9	1' 13'' 9	-----
temps 2	1' 37'' 5	1' 14'' 9	-----
temps 3	1' 38'' 3	1' 13'' 8	-----
Promig temps	98.23s	74.2s	-----
Desviació estàndard	0.7023	0.6082	
Viscositat η (mPa·s)	3.145	2.38	-----

D.1.2

23 °C	temps 1	temps 2	temps 3	promig	K Oswald75
Aigua	1' 25'' 85	1' 25'' 93	1' 25'' 92	1' 25'' 9	0.01086

K Oswald100 = 0.019977

D.5

BOSTON	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1	18' 50'' 4	14' 42'' 3	11' 08'' 4
temps 2	19' 39'' 21	14' 41'' 3	11' 07'' 4
temps 3	19' 22'' 53	-----	-----
Promig temps	1157.38s	881.8s	667.9s
Desviació estàndard	24.8091	0.7071	0.7071
Viscositat η (mPa·s)	23.12	17.615	13.342

D.6

ACUAISS DISOP	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1	12' 39'' 2	11' 03'' 8	9' 13'' 3
temps 2	12' 37'' 8	11' 05'' 4	9' 12'' 1
temps 3	12' 39'' 7	11' 06'' 4	9' 13'' 4
Promig temps	758.9s	665.2s	552.93s
Desviació estàndard	0.9848	1.3114	0.7234
Viscositat η (mPa·s)	8.2416	7.2240	6.0048

D.7

ZERO	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1	13' 22'' 2	10' 52'' 3	9' 40'' 5
temps 2	13' 32'' 9	10' 57'' 4	9' 43'' 7
temps 3	13' 26'' 9	10' 43'' 7	9' 52'' 4
Promig temps	807.33s	651.13s	585.53s
Desviació estàndard	5.3631	6.9241	6.1581
Viscositat η (mPa·s)	8.7676	7.0712	6.3588

D.8.1

HEC 0.05%	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1		1' 26'' 2	1' 14'' 8
temps 2		1' 26'' 2	1' 15'' 2
temps 3		1' 26'' 1	1' 14'' 9
Promig temps		86.16	74.96
Desviació estàndard		0.0577	0.2081
Viscositat η (mPa·s)	1.1135*	0.9357	0.8141

D.8.2

HEC 0.05%	23 °C 50dies DESPRÉS
temps 1	1' 40'' 1
temps 2	1' 39'' 2
temps 3	1' 38'' 9
Promig temps	99.4s
Desviació estàndard	0.6245
Viscositat η (mPa·s)	1.0795

D.9.1

PVA 0.03%	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1	1' 25'' 5	1' 12'' 0	1' 03'' 0
temps 2	1' 25'' 2	1' 12'' 5	1' 03'' 2
temps 3	1' 25'' 1	1' 12'' 1	1' 03'' 2
Promig temps	85.26	72.2	63.13
Desviació estàndard	0.2081	0.2645	0.1154
Viscositat η (mPa·s)	0.9259	0.7840	0.6856

D.9.2

PVA 0.03%	23 °C 20dies DESPRÉS
temps 1	1' 23'' 6
temps 2	1' 23'' 5
temps 3	1' 23'' 5
Promig temps	83.53
Desviació estàndard	0.0577
Viscositat η (mPa·s)	0.9072

D.10.1

HA 0.05%	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1	6'59''4	8'07''6	7'50''1
temps 2	7'27''5	8'24''4	7'43''1
temps 3	7'31''2	8'27''2	7'48''2
Promig temps	439.36	499.73	467.13
Desviació estàndard	17.3903	10.6006	3.6198
Viscositat η (mPa·s)	8.7770	9.9831	9.3319

D.10.2

HA 0.05%	23 °C 20dies DESPRÉS	23 °C 50dies DESPRÉS
temps 1	19' 32'' 8	20' 14'' 7
temps 2	19'' 54'' 5	19' 55'' 7
Promig temps	1183.65s	1195.7s
Desviació estàndard	15.3442	13.4350
Viscositat η (mPa·s)	23.6458	24.0763

→ Si obviem els resultats més distants:

D.10.3

HA 0.05%	23 °C	30 °C	37 °C
temps 1	6'59''4	8'07''6	7'50''1
temps 2	7'27''5	8'24''4	7'43''1
temps 3	7'31''2	8'27''2	7'48''2
Promig temps	449.35	505.8	467.13
Desviació estàndard	2.6162	1.9798	3.6198
Viscositat η (mPa·s)	8.9766	10.1043	9.3319

Aigua, Concare, Hidrohealth i Durasol mesurats amb Viscoball.

Boston I HA mesurats amb viscosímetre d'Oswald 100.

Amb viscosímetre Oswald 75 vam calcular l'aigua (segona taula), per a calcular la constant $C = 0.01086$, també acuaiss, zero, HEC i PVA.

Mesures de Durasol a 37 °C sense fer per ruptura del Viscoball.

E) ANGLE DE CONTACTE

E.1

α (°)	Vidre				PMMA				RPG			
22°C	1 α	2 α	3 α	4 α	1 α	2 α	3 α	4 α	1 α	2 α	3 α	4 α
AIGUA	45	50	55	55	70	70	70	75	95	110	105	100
Promig	51.25				71.25				102.5			
Desv.estàndard	2.5				4.7871				6.4549			
DURASOL	55	60	40	35	35	30	30	30	55	55	45	45
Promig	47.5				31.25				50			
Desv.estàndard	11.9023				2.5				5.7735			
CONCARE	60	55	55	60	50	45	45	45	40	40	45	45
promig	57.5				46.25				42.5			
Desv.estàndard	2.8867				2.5				2.8867			
HIDROHEALTH RPG	30	40	40	45	55	60	50	55	55	65	50	50
promig	38.75				55				55.7			
Desv.estàndard	6.2915				4.0824				7.0710			
BOSTON	50	55	65	60	50	45	40	45	40	45	40	40
promig	57.5				45				41.25			
Desv.estàndard	6.4549				4.0824				2.5			
ACUAISS DISOP	55	55	55	60	40	35	35	40				
promig	56.25				37.5							
Desv.estàndard	2.5				2.8867							
ZERO	65	55	50	55	70	65	65	60				
promig	56.25				65							
Desv.estàndard	6.2915				4.0824							

E.2

α (°)	vidre				PMMA			
22°C	1 α	2 α	3 α	4 α	1 α	2 α	3 α	4 α
PVA 0.03%	65	70	60	65	80	75	70	75
promig	65				75			
Desv.estàndard	4.0824				4.0824			
HEC 0.05%	60	55	55	55	70	70	75	70
promig	56.25				71.25			
Desv.estàndard	2.5				2.5			
HA 0.05%	60	60	60	60	70	60	65	70
Promig	60				66.25			
Desv.estàndard	--				4.7871			

F) SALINITAT

F.1

23°C	DURASOL	CONCARE	HIDROHEALTH RPG	BOSTON	ACUAISS DISOP	ZERO
Salinitat (g/100mL)	1.4	2.0	1.4	2.3	1.0	1.0

* Els asteriscos de la solució d'HEC signifiquen que els resultats han estat obtinguts per un company, Adrià Alcoverro, que compartia les mateixes tècniques de laboratori.

- El treball realitzat és un estudi de laboratori estrictament sense la participació de pacients ni usuaris.

L'autor del treball no té cap interès comercial en les cases dels fabricants de les solucions utilitzades en el laboratori.